

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 1月 7日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-002023

出 願 人

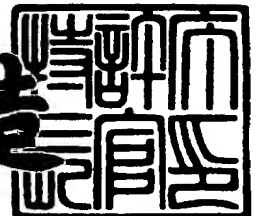
Applicant (s):

本田技研工業株式会社

2000年12月 8日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3101848

【書類名】 特許願

【整理番号】 A99-0949

【提出日】 平成12年 1月 7日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 F02C 9/00

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

【氏名】 井上 勉

【特許出願人】

【識別番号】 000005326

【住所又は居所】 東京都港区南青山2丁目1番1号

【氏名又は名称】 本田技研工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100081972

【住所又は居所】 東京都豊島区東池袋1丁目20番2号 池袋ホワイトハウスビル816号

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉田 豊

【電話番号】 03-5956-7220

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 049836

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9106014

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ガスタービン・エンジンの制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 空気取り入れ口から吸引され、コンプレッサで加圧されつつ吸気路を通して流入する空気と気体燃料源から燃料供給路を通過して流入する気体燃料を混合して燃焼器で燃焼させ、よって生じた燃焼ガスでタービンを回転させて前記コンプレッサを駆動すると共に、前記タービンの回転を出力軸を介して出力するガスタービン・エンジンの制御装置において、

- a. 前記燃料供給路に配置され、通過する前記気体燃料を調量する調量手段、
  - b. 入力端が前記吸気路に接続され、他端が前記燃焼器に開口すると共に、その間に所定の断面積のスロート部を備えるベンチュリ管、
  - c. 入力端が前記調量手段の下流で前記燃料供給路に接続され、出力端が前記ベンチュリ管のスロート部に穿設され、気体燃料を前記スロート部を通過する空気に噴出して混合気を形成する、所定の開孔面積を備えた絞りからなる燃料噴出手段、
  - d. 前記絞りを通過する気体燃料の質量流量を算出する気体燃料質量流量算出手段、
  - e. 前記気体燃料の温度を検出する気体燃料温度検出手段、
  - f. 前記気体燃料の圧力を検出する気体燃料圧力検出手段、
  - g. 前記ベンチュリ管に流入する空気の入口温度を検出する入口空気温度検出手段、
  - h. 前記ベンチュリ管に流入する空気の入口圧力を検出する入口空気圧力検出手段、
- および
- i. 前記算出された気体燃料の質量流量と、前記検出された気体燃料の温度および圧力と、前記検出された入口空気温度および圧力と、前記スロート部の所定の断面積と前記絞りの所定の開孔面積とから前記スロート部を通過する空気の質量流量を算出する空気質量流量算出手段、

を備えることを特徴とするガスタービン・エンジンの制御装置。

【請求項 2】 前記燃料供給路に少なくとも 1 個の調量手段を備えると共に、前記調量手段の下流に複数個の燃料噴出手段と、それに対応する個数のベンチュリ管を備えることを特徴とする請求項 1 項記載のガスタービン・エンジンの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明はガスタービン・エンジンの制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

ガスタービン・エンジンにおいて、特開平 1 - 1 6 3 4 2 6 号公報で提案されるように、複数個のベンチュリミキサを使用して吸入空気と気体燃料を混合してガスタービン・エンジンに供給するものが知られている。

【0003】

従来、この種のベンチュリを用いて流量を検出するときは、一般に、ベンチュリ入口圧力、ベンチュリスロート部（最小断面積部）圧力、およびベンチュリスロート部断面積を必要としている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記した従来技術においては、ベンチュリミキサを複数個用いてマルチ化したマルチベンチュリミキサを使用しているが、かかるマルチベンチュリミキサを用いる場合、従来の手法による場合は個々のベンチュリミキサのスロート部圧力を検出する必要があり、センサ個数が増加するなど、構成が複雑となる不都合があった。

【0006】

従って、この発明の目的は上記した課題を解決することにある、マルチベンチュリミキサを用いたガスタービン・エンジンにおいて、個々のベンチュリミキサのスロート部圧力を検出する必要なく、燃料供給を制御できるようにしたガスタ

タービン・エンジンの制御装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、請求項1項にあっては、空気取り入れ口から吸引され、コンプレッサで加圧されつつ吸気路を通して流入する空気と気体燃料源から燃料供給路を通過して流入する気体燃料を混合して燃焼器で燃焼させ、よって生じた燃焼ガスでタービンを回転させて前記コンプレッサを駆動すると共に、前記タービンの回転を出力軸を介して出力するガスタービン・エンジンの空燃比検出装置において、前記燃料供給路に配置され、通過する前記気体燃料を調量する調量手段、入力端が前記吸気路に接続され、他端が前記燃焼器に開口すると共に、その間に所定の断面積のスロート部を備えるベンチュリ管、入力端が前記調量手段の下流で前記燃料供給路に接続され、出力端が前記ベンチュリ管のスロート部に穿設され、気体燃料を前記スロート部を通過する空気に噴出して混合気を形成する、所定の開孔面積を備えた絞りからなる燃料噴出手段、前記絞りを通過する気体燃料の質量流量を算出する気体燃料質量流量算出手段、前記気体燃料の温度を検出する気体燃料温度検出手段、前記気体燃料の圧力を検出する気体燃料圧力検出手段、前記ベンチュリ管に流入する空気の入口温度を検出する入口空気温度検出手段、前記ベンチュリ管に流入する空気の入口圧力を検出する入口空気圧力検出手段、および前記算出された気体燃料の質量流量と、前記検出された気体燃料の温度および圧力と、前記検出された入口空気温度および圧力と、前記スロート部の所定の断面積と前記絞りの所定の開孔面積とから前記スロート部を通過する空気の質量流量を算出する空気質量流量算出手段を備えるように構成した。

【0008】

算出された気体燃料の質量流量と、検出された気体燃料の温度および圧力と、検出された入口空気温度および圧力と、スロート部の所定の断面積と絞りの所定の開孔面積とからスロート部を通過する空気の質量流量を算出する如く構成したので、ベンチュリ管と絞りなどがマルチ化してなるマルチベンチュリミキサを用いるときも、個々のミキサのスロート部の圧力を検出する必要なく、燃料供給を

制御することができる。

【 0 0 0 9 】

請求項 2 項にあっては、前記燃料供給路に少なくとも 1 個の調量手段を備えると共に、前記調量手段の下流に複数個の燃料噴出手段と、それに対応する個数のベンチュリ管を備える如く構成した。

【 0 0 1 0 】

これにより、ベンチュリ管と絞りなどがマルチ化してなるマルチベンチュリミキサを用いるときも、個々のミキサのスロート部の圧力を検出する必要なく、燃料供給を制御することができる。

【 0 0 1 1 】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面に即し、この発明の一つの実施の形態に係るガスタービン・エンジンの制御装置を説明する。

【 0 0 1 2 】

図 1 はその装置を概略的に示す概略図である。

【 0 0 1 3 】

図 1 において、符号 1 0 はガスタービン・エンジンを全体的に示す。ガスタービン・エンジン 1 0 は、コンプレッサ 1 2 と、タービン 1 4 と、燃焼器 1 6 を備える。コンプレッサ 1 2 は、タービン 1 4 の出力軸（タービンシャフト） 1 8 を介してタービン 1 4 に連結され、タービン 1 4 の回転で駆動させられる。

【 0 0 1 4 】

また、タービン 1 4 の出力軸には発電機 2 0 が接続される。発電機 2 0 はタービン 1 4 の回転で駆動され、1 0 0 k W 程度の電力を発電する。発電機 2 0 には電気機器（図示せず）が負荷として接続される。

【 0 0 1 5 】

燃焼器 1 6 には空気取り入れ口（図示せず）に接続される吸気路 2 4 が接続されると共に、気体燃料源（図示せず）に接続される燃料供給路 2 6 が接続される。尚、気体燃料としては、天然ガスなどのガス燃料を使用する。

【 0 0 1 6 】



より詳しくは、燃料供給路 2 6 は途中で分岐し、分岐路 2 6 a の途中には第 1 の燃料制御弁（調量手段）2 8 が設けられると共に、他方の分岐路 2 6 b の途中には第 2 の燃料制御弁（調量手段）3 0 が設けられる。

## 【 0 0 1 7 】

第 1 の燃料制御弁 2 8（あるいは第 2 の燃料制御弁 3 0）は、図 2 に模式的に示す如く、燃料供給路 2 6 に接続されるハウジング 2 8 a（3 0 a）と、その中に進退自在に収容されるニードルバルブ本体 2 8 b（3 0 b）と、ニードルバルブ本体 2 8 b（3 0 b）を軸方向に進退させるリニアソレノイド、パルスモータなどのアクチュエータ 2 8 c（3 0 c）からなる。尚、図 2 に示す構成は第 2 の燃料制御弁 3 0 においても同様である。

## 【 0 0 1 8 】

第 1 の燃料制御弁 2 8 の下流において、燃料供給路 2 6 の分岐路 2 6 a は、マルチ化されたベンチュリミキサ 3 2 の共通チャンバ 3 4 に接続される。即ち、ベンチュリミキサ 3 2 は複数個、例えば 2 4 個（図示の便宜のため 2 個のみ示す）のベンチュリミキサからなる、マルチベンチュリミキサとして構成される。

## 【 0 0 1 9 】

より具体的には、ベンチュリミキサ 3 2 はそれぞれ、図 2 に模式的に示す如く、ベンチュリ管 3 2 a と絞り 3 2 b からなる。ベンチュリ管 3 2 a は、その入力端 3 2 0 が前記吸気路 2 4（図 2 で図示省略）に接続されると共に、その他端 3 2 1 が燃焼器 1 6 に開口される管からなり、狹隘に形成された所定の断面積のスロート部 3 2 2 を備える。

## 【 0 0 2 0 】

絞り 3 2 b は、その入力端が前記した共通チャンバ 3 4 に接続されると共に、その出力端がベンチュリ管のスロート部 3 2 2 に穿設された、所定の開孔面積を備えた開口からなり、気体燃料をスロート部 3 2 2 を通過する空気に噴出して混合気を形成する。

## 【 0 0 2 1 】

図 1 の説明に戻ると、第 2 の燃料制御弁 3 0 の下流において、燃料供給路 2 6 の分岐路 2 6 b は燃焼器 1 6 の隔壁を貫通してその内部に延び、気体燃料を燃焼

器 1 6 の内部に噴出する。尚、符号 3 6 は、点火プラグを示す。

【 0 0 2 2 】

このように、この実施の形態に係るガスタービン・エンジン 1 0 にあっては、分岐路 2 6 a を介して送られる気体燃料は、ベンチュリミキサ 3 2 を介して空気と予め混合されて燃焼器 1 6 の内部に供給されて予混合燃焼を生じると共に、分岐路 2 6 b を介して送られる気体燃料は空気と別に燃焼器 1 6 内に供給され、拡散燃焼を生じる。

【 0 0 2 3 】

ガスタービン・エンジン 1 0 にあっては、このように、空気取り入れ口から吸引され、コンプレッサ 1 2 で加圧されつつ吸気路 2 4 を通って流入する空気と気体燃料源から燃料供給路の分岐路 2 6 a を通過して流入する気体燃料は混合され（あるいは燃料供給路の分岐路 2 6 b を通って別々に）、燃焼器 1 6 に供給されて燃焼させられる。よって生じた燃焼ガスでタービン 1 4 が回転させられ、その出力軸 1 8 を介してコンプレッサ 1 2 および発電機 2 0 が駆動される。

【 0 0 2 4 】

また、図 1 の下部に示す如く、タービン 1 4 の回転に使用された燃焼ガスは依然 9 0 0 °C 程度の高温を保つことから、熱交換器 3 8 に送られ、コンプレッサ 1 2 で吸引された新気（大気。例えば 1 5 °C）はそこで例えば 6 0 0 °C 程度まで昇温された後、ベンチュリミキサ 3 2 に供給される。

【 0 0 2 5 】

このように、図示のガスタービン・エンジン 1 0 は、再生式のガスタービン・エンジンである。尚、昇温させられた空気の一部は、希釈空気として燃焼ガスと混合させられ、燃焼ガスを希釈する。

【 0 0 2 6 】

燃料供給路 2 6 の分岐点下流には第 1 の温度センサ 4 0 と第 1 の圧力センサ 4 2 が設けられ、第 1 および第 2 の燃料制御弁 2 8, 3 0 の上流位置（入口）における気体燃料の温度（燃料制御弁入口温度） $T_{f0}$  と圧力（燃料制御弁入口圧力） $P_{f0}$  に比例した出力を生じる。

【 0 0 2 7 】



また、一方の分岐路 2 6 a においてベンチュリミキサ 3 2、より正確には絞り 3 2 b の上流側には第 2 の温度センサ 4 6 と第 2 の圧力センサ 4 8 が設けられ、絞り 3 2 b の上流位置（入口）における気体燃料の温度（絞り入口温度） $T_{f2}$  と圧力（絞り入口圧力） $P_{f2}$  に比例した出力を生じる。

## 【 0 0 2 8 】

また、吸気路 2 4 において、ベンチュリミキサ 3 2、より正確にはベンチュリ管 3 2 a の上流側には第 3 の温度センサ 5 0 と第 3 の圧力センサ 5 2 が設けられ、ベンチュリ管 3 2 a の上流位置（入口）における空気の温度（ベンチュリ入口空気温度） $T_{a0}$  と圧力（ベンチュリ入口圧力） $P_{a0}$  に比例した出力を生じる。

## 【 0 0 2 9 】

さらに、燃焼器 1 6 において希釈空気の導入位置より上流側には酸素濃度センサ 5 6 が設けられ、燃焼した後（で希釈する前）のガス中に残存する残存酸素濃度に比例した出力を生じる。酸素濃度センサ 5 6 は、 $O_2$  センサではなく、一般に広域酸素濃度センサと呼ばれる構造のセンサであり、残存酸素濃度に比例する検出信号を出力する。

## 【 0 0 3 0 】

上記したセンサ群の出力は、ECU（電子制御ユニット）6 0 に送られる。ECU 6 0 はマイクロコンピュータからなり、図示しない CPU, ROM, RAM などを備える。

## 【 0 0 3 1 】

次いで、この実施の形態に係るガスタービン・エンジンの制御装置の動作、即ち、燃料質量流量と空気質量流量の検出（算出）について説明する。この動作は具体的には、ECU 6 0 が行う。

## 【 0 0 3 2 】

前記したように、従来、ベンチュリを用いて流量を検出するときは、一般に、ベンチュリ入口圧力、ベンチュリスロット部（最小断面積部）圧力、およびベンチュリスロット部断面積を必要としている。

## 【 0 0 3 3 】

その結果、ベンチュリミキサを複数個用いてマルチ化したマルチベンチュリミキサを用いる場合、従来の手法によるときは個々のベンチュリミキサのスロート部圧力を検出する必要があり、センサ個数が増加するなど、構成が複雑となる不都合があった。従って、この実施の形態においては、個々のベンチュリミキサのスロート部圧力を検出する必要なく、燃料供給を制御できるようにした。

## 【 0 0 3 4 】

その意図から、燃料圧力および温度（または密度）などに基づいてスロート部圧力  $P_{a1}$  を算出し、それから燃焼空気流量（空気質量流量）を求めるようにした。即ち、マルチベンチュリミキサにおいても個々のベンチュリミキサのスロート部圧力を検出する必要なく、空気質量流量を算出できるようにした。

## 【 0 0 3 5 】

以下、それについて説明する。

## 【 0 0 3 6 】

図 3 は、その算出原理を示す、ベンチュリミキサ 3 2 の模式図である。

## 【 0 0 3 7 】

燃料制御弁 2 8 およびベンチュリミキサ 3 2 を図 3 のように示すとき、燃料質量流量  $m_f$  と空気質量流量  $m_a$  は、同図に示すように表すことができる。

## 【 0 0 3 8 】

図中の式から、絞り 3 2 b の上流側の温度  $T_{f2}$  および圧力  $P_{f2}$  ならびに燃料質量流量が与えられると、スロート部圧力  $P_{a1}$  が一義的に決まる。

## 【 0 0 3 9 】

燃料質量流量  $m_f$  が 0 の場合、絞り 3 2 b の上流側の圧力  $P_{f2} =$  スロート部圧力  $P_{a1}$  となる。

## 【 0 0 4 0 】

図 4 は、絞り 3 2 b の上流側の圧力  $P_{f2}$  と空気質量流量  $m_a$  および燃料質量流量  $m_f$  の相関関係を示すデータである。即ち、この実施の形態においては、スロート部 3 2 2 に入る燃料を圧力と置き換えて流量を検出するようにした。

## 【 0 0 4 1 】

図 5 は、図 3 に示す構成をこの実施の形態に係る燃料制御弁 2 8 およびベンチ

ベンチュリ管 32 に置き換えて示す模式図である。

【0042】

尚、この実施の形態においては燃料制御弁 28 として、チョークド・フロー・ニードル・バルブを用いる。このチョークド・フロー・ニードル・バルブは、ある臨界圧で音速流を使用するときに差圧の検出が不要となる性質を応用し、入口圧力から流量を計測できるようにしたバルブである。

【0043】

かかるチョークド・フロー・ニードル・バルブ（燃料制御弁 28）にあっては、バルブ（燃料制御弁 28）を通過する燃料質量流量  $m_{fv}$  と絞り 32b を通過する燃料質量流量  $m_{fo}$  は等しいので、それぞれ同図に示すように表すことができる。

【0044】

このバルブにあっては  $M$ （マッハ数）= 1 となる。よって、図 9 に示す式のように  $P_{a1}/P_{f2}$  で表される関数の値が求まる。この関数の値より、スロート部圧力  $P_{a1}$  を求めることができる。

【0045】

従って、第 1 の燃料制御弁 28 の有効開孔面積  $A_{VLV}$  を用いることにより、スロート部圧力  $P_{a1}$  を求めることができ、それから図示の式を用いて空気質量流量  $m_a$  を容易に算出することができる。尚、第 1 の燃料制御弁 28 の有効開孔面積  $A_{VLV}$  は、アクチュエータ 28c の位置を適宜な特性で変換して算出する。

【0046】

図 6 にチョークド・フロー・ニードル・バルブ（燃料制御弁 28）を用いた場合のベンチュリスロート部圧力  $P_{a1}$  の計測誤差を示す。図示の如く、誤差  $\pm 1\%$  程度である。従って、燃料組成（物性）が異なる場合、比熱比を一定と扱っても  $P_{a1}$  の計測誤差は十分に小さく、許容範囲とみなすことができる。

【0047】

上記に加えてこの実施の形態で特徴的なことは、ベンチュリ管 32a のスロート部 322 の有効開孔面積（断面積） $A_a$  と絞り 32b の有効開孔面積  $A_f$  の比を所定の値、より具体的には目標とする空燃比（この実施の形態では  $A/F = 4$

5 : 1) と同じ値としたことである。

【0048】

即ち、図示の如き、マルチベンチュリミキサ32を用いた場合、製造バラツキ、経年変化などによって流量にバラツキが生じるのは不可避であるが、たとえ製造に際して寸法管理を厳密に行ったとしても、ミキサの出口圧力などの影響によって流量にバラツキが生じ、空燃比を精度良く制御することが困難となる。

【0049】

従って、この実施の形態においてはベンチュリ管32aのスロート部322の有効開孔面積 $A_a$ と絞り32bの有効開孔面積 $A_f$ の比を上記の如く設定することで、空燃比の局所的な濃淡の影響を受けることなく、高精度の空燃比制御を可能とした。

【0050】

これについて説明すると、図3に示す構成において、 $P_{f0}$ と $P_{a0}$ を等しくすると、絞り32bの出口圧力は $P_{a1}$ となるので、 $A_f$ および $A_a$ を流れる流体が同一で状態が等しいとき、 $A_f$ と $A_a$ を通過する流速が等しくなり、 $A_a / A_f = m_a / m_f$ となる。

【0051】

ベルヌーイの定理より、 $P_{a1} = P_{a0} - (1/2) \rho_{a1} V_a^2$  となる ( $V_a$  : 空気流速)。  $P_{a1}$  は空気流速  $V_a$  によって決まるので、空気流量が変化しても、 $m_a / m_f$  は一定となる。

【0052】

実際の使用条件下では燃料と空気の物性（密度）が近いので、 $P_{f2}$ と $P_{a0}$ を等しくすると、有効開孔面積 $A_a / A_f$ と質量流量比 $m_a / m_f$ がほぼ等しくなる。このことは、ミキサ下流の事象の影響などで空気質量流量が変化しても、 $P_{f2}$ と $P_{a0}$ が一定であれば、質量流量比 $m_a / m_f$ が一定となることを意味する。

【0053】

この実施の形態においては、上記した知見に基づき、マルチベンチュリミキサ32において、全てのベンチュリミキサ32の有効開孔面積比 $A_a / A_f$ を目標

空燃比 4 5 : 1 (あるいはその付近) に設定することで、各ミキサでの空燃比のバラツキを抑えるようにした。

## 【 0 0 5 4 】

図 7 は、目標空燃比 4 5 : 1 において、有効開孔面積比を 2 5 : 1, 3 5 : 1, 4 5 : 1, 5 5 : 1, 6 5 : 1 に設定したとき、出口圧力分布と有効開孔面積比が空燃比精度に与える影響を実験したデータである。図から、有効開孔面積比が目標空燃比に近いほど、出口圧力の影響を受け難いことが理解できよう。

## 【 0 0 5 5 】

さらに、気体燃料と空気の密度が等しい場合、 $A_a / A_f = m_a / m_f$  とすることで、ミキサ間の空燃比のバラツキを最小にすることができるが、気体燃料と空気の密度が異なる場合、その密度比に応じて  $A_a / A_f$  を修正するのが望ましい。

## 【 0 0 5 6 】

従って、密度比を  $\rho_{a0} / \rho_{f0}$  と求めて開孔面積比修正係数とし ( $\rho_{a0}$  : 空気密度、 $\rho_{f0}$  : 気体燃料密度)、以下のように求めた開孔面積比修正係数で開孔面積比を修正するのが望ましい。

$$A_a / A_f = \text{開孔面積比修正係数} \times \text{目標 } m_a / m_f$$

## 【 0 0 5 7 】

図 8 に、気体燃料にメタン ( $\text{CH}_4$ ) を用いたときの開孔面積比修正係数を示す。この開孔面積比修正係数は、燃料の成分により異なる。

## 【 0 0 5 8 】

尚、開孔面積比を変化させると、燃料の供給圧が変化し、結果的に密度比も変化する。よって、計算により開孔面積比を求める場合、設定した開孔面積比と、それによって決まる密度比と開孔面積比修正係数から求められる開孔面積比の値が等しくなるまで収束計算を行う必要がある。

## 【 0 0 5 9 】

この実施の形態に係るガスタービン・エンジンの空燃比検出装置は上記の如く構成したので、マルチベンチュリミキサ 3 2 を用いたガスタービン・エンジン 1 0 において、個々のベンチュリミキサのスロート部圧力  $P_{a1}$  を検出する必要な

く、燃料供給を制御することができる。

【0060】

さらに、ベンチュリ管32aのスロート部322の有効開孔面積（断面積） $A_a$ と絞り32bの有効開孔面積 $A_f$ の比を所定の値、より具体的には目標空燃比（この実施の形態では $A/F = 45 : 1$ ）と同じ値とすることで、ミキサの出口圧力などの影響によって流量にバラツキが生じても、空燃比の局所的な濃淡の影響を受けることなく、燃料供給を精度良く制御することができる。

【0061】

即ち、この実施の形態においては、空気取り入れ口から吸引され、コンプレッサ12で加圧されつつ吸気路24を通して流入する空気と気体燃料源から燃料供給路26を通過して流入する気体燃料を混合して燃焼器16で燃焼させ、よって生じた燃焼ガスでタービン14を回転させて前記コンプレッサ12を駆動すると共に、前記タービン14の回転を出力軸18を介して出力するガスタービン・エンジン10の空燃比検出装置において、前記燃料供給路に配置され、通過する前記気体燃料を調量する調量手段（第1の燃料制御弁28）、入力端320が前記吸気路24に接続され、他端321が前記燃焼器16に開口すると共に、その間に所定の断面積（有効開孔面積 $A_a$ ）のスロート部322を備えるベンチュリ管32a、入力端が前記調量手段の下流で前記燃料供給路26aに接続され、出力端が前記ベンチュリ管32aのスロート部322に穿設され、気体燃料を前記スロート部を通過する空気に噴出して混合気を形成する、所定の開孔面積を備えた絞り32bからなる燃料噴出手段32b、前記絞り32bを通過する気体燃料の質量流量 $m_f$ を算出する気体燃料質量流量算出手段（ECU60）、前記気体燃料の温度 $T_{f0}$ を検出する気体燃料温度検出手段（第1の温度センサ40）、前記気体燃料の圧力 $P_{f0}$ を検出する気体燃料圧力検出手段（第1の圧力センサ42）、前記ベンチュリ管32bに流入する空気の入口温度 $T_{a0}$ を検出する入口空気温度検出手段（第3の温度センサ50）、前記ベンチュリ管32bに流入する空気の入口圧力 $P_{a0}$ を検出する入口空気圧力検出手段（第3の圧力センサ52）、および前記算出された気体燃料の質量流量 $m_f$ と、前記検出された気体燃料の温度 $T_{f0}$ および圧力 $P_{f0}$ と、前記検出された入口空気温度 $T_{a0}$ および

圧力  $P_{a0}$  と、前記スロート部 3 2 2 の所定の断面積（有効開孔面積） $A_a$  と前記絞り 3 2 b の所定の開孔面積（有効開孔面積） $A_f$  とから前記スロート部を通過する空気の質量流量  $m_a$  を算出する空気質量流量算出手段（E C U 6 0）を備える如く構成した。

## 【0 0 6 2】

算出された気体燃料の質量流量と、検出された気体燃料の温度および圧力と、検出された入口空気温度および圧力と、スロート部の所定の断面積と絞りの所定の開孔面積とからスロート部を通過する空気の質量流量を算出する如く構成したので、ベンチュリ管と絞りなどがマルチ化してなるマルチベンチュリミキサを用いるときも、個々のミキサのスロート部の圧力を検出する必要なく、燃料供給を制御することができる。

## 【0 0 6 3】

また、前記燃料供給路に少なくとも 1 個の調量手段（第 1 の燃料制御弁 2 8）を備えると共に、前記調量手段の下流に複数個の燃料噴出手段（絞り 3 2 b）と、それに対応する個数のベンチュリ管 3 2 a を備える如く構成した。

## 【0 0 6 4】

これにより、ベンチュリ管と絞りなどがマルチ化してなるマルチベンチュリミキサを用いるときも、個々のミキサのスロート部の圧力を検出する必要なく、必要に応じて燃料供給を制御することができる。

## 【0 0 6 5】

## 【発明の効果】

請求項 1 項にあっては、算出された気体燃料の質量流量と、検出された気体燃料の温度および圧力と、検出された入口空気温度および圧力と、スロート部の所定の断面積と絞りの所定の開孔面積とからスロート部を通過する空気の質量流量を算出する如く構成したので、ベンチュリ管と絞りなどがマルチ化してなるマルチベンチュリミキサを用いるときも、個々のミキサのスロート部の圧力を検出する必要なく、燃料供給を制御することができる。

## 【0 0 6 6】

請求項 2 項にあっては、ベンチュリ管と絞りなどがマルチ化してなるマルチベ

ンチュリミキサを用いるときも、個々のミキサのスロート部の圧力を検出する必要なく、燃料供給を制御することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

この発明の一つの実施の形態に係るガスタービン・エンジンの制御装置を全体的に示す概略図である。

【図 2】

図 1 装置の中の燃料制御弁、ベンチュリミキサなどの構成を模式的に示す説明図である。

【図 3】

図 2 に示す構成における空気質量流量の算出原理を示す説明図である。

【図 4】

得られた空気質量流量をスロート部圧力（燃料圧力）および燃料質量流量に対して示す実験データである。

【図 5】

図 3 に示す構成を図 1 に示す燃料制御弁およびベンチュリミキサに置き換えて示す説明図である。

【図 6】

燃料制御弁を用いた場合のスロート部圧力の計測誤差を示す実験データである。

【図 7】

ベンチュリミキサ出口圧力と開孔面積比が空燃比に与える影響を示す実験データである。

【図 8】

気体燃料としてメタンを用いた場合の開孔面積比修正係数の特性を示す説明グラフである。

【符号の説明】

- 1 0      ガスタービン・エンジン
- 1 2      コンプレッサ

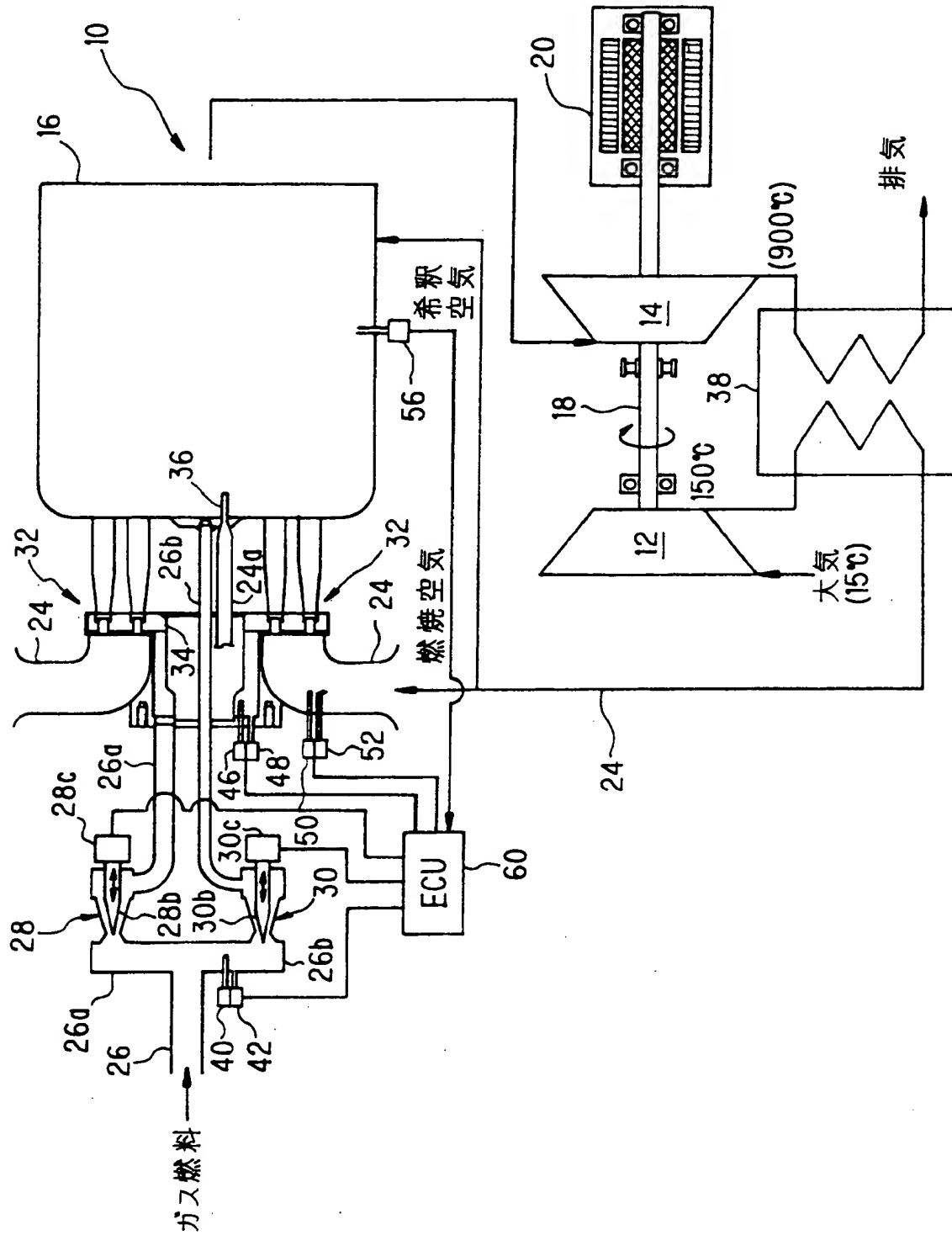


1 4	タービン
1 6	燃焼器
1 8	出力軸
2 0	発電機
2 4	吸気路
2 8	第 1 の燃料制御弁
3 0	第 2 の燃料制御弁
3 2	ベンチュリミキサ
3 2 a	ベンチュリ管
3 2 b	絞り
3 2 2	スロート部
4 0	第 1 の温度センサ
4 2	第 1 の圧力センサ
5 6	酸素濃度センサ
6 0	E C U

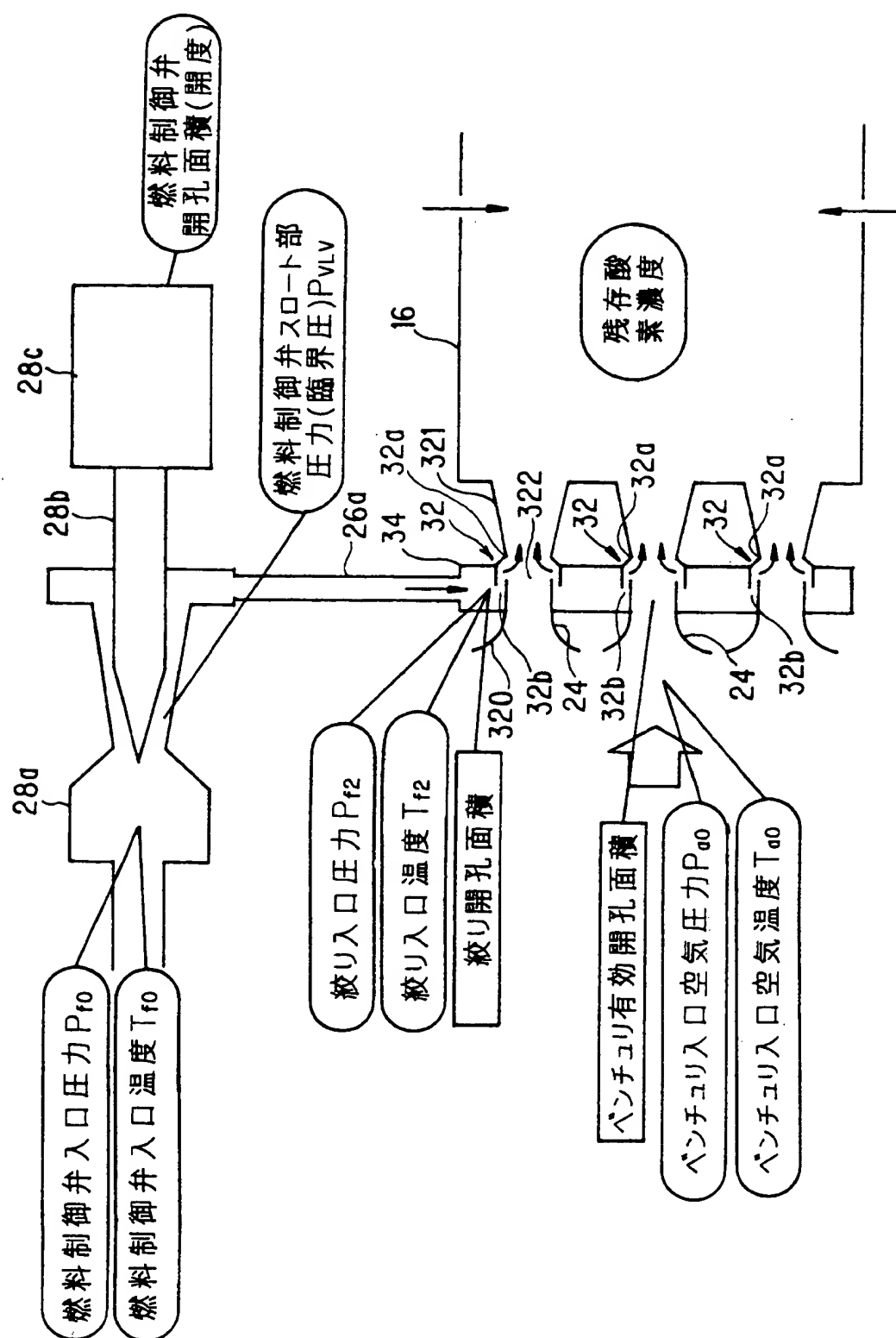
【書類名】

図面

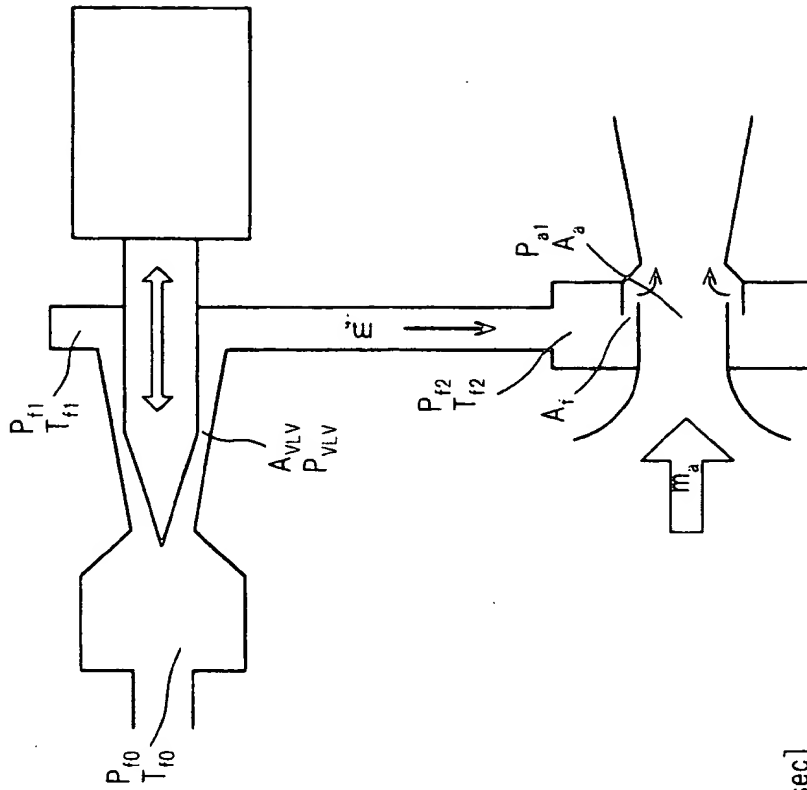
【図 1】



【图·2】



【図 3】

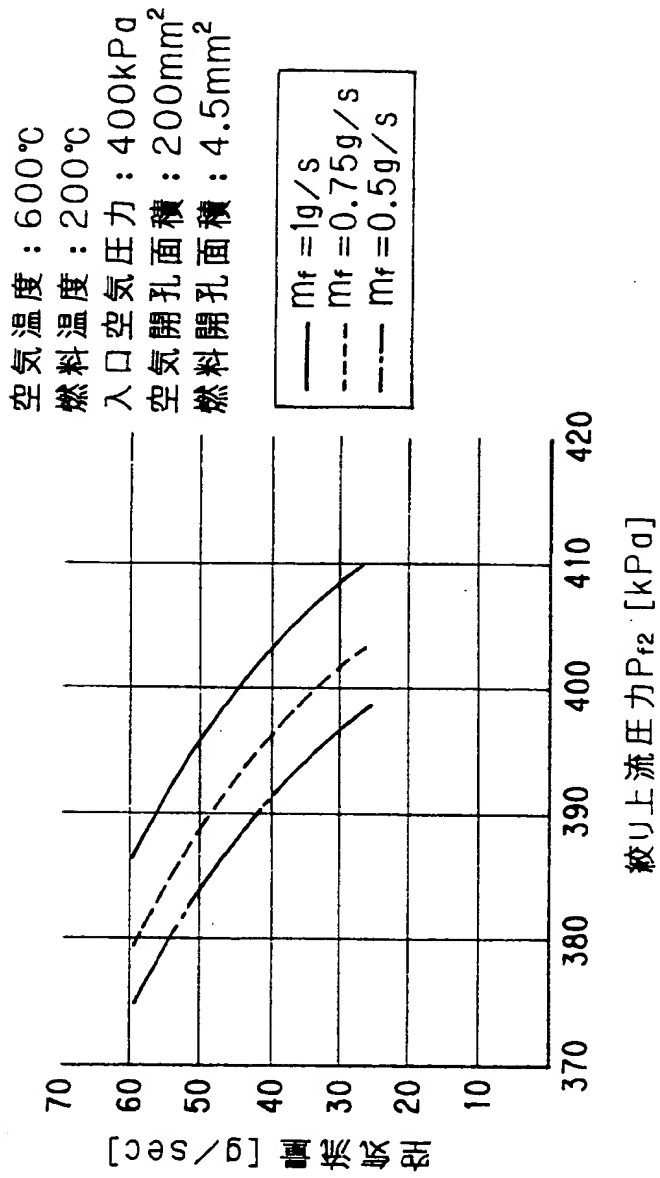


$$m_f = \frac{P_{f2} A_f}{\sqrt{R_f T_{f2}}} \sqrt{\left\{ \frac{2 \kappa_f}{\kappa_f - 1} \left( \frac{P_{a1}}{P_{f2}} \right)^{\frac{2}{\kappa_f}} - \left( \frac{P_{a1}}{P_{f2}} \right)^{\frac{\kappa_f + 1}{\kappa_f}} \right\}}$$

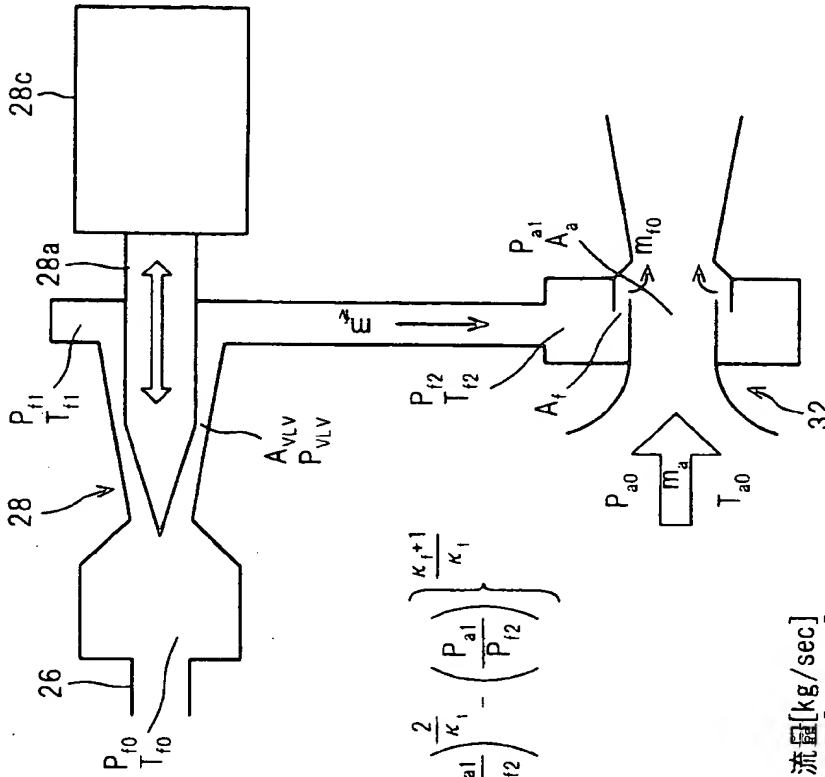
$$m_a = \frac{P_{a0} A_a}{\sqrt{R_a T_{a0}}} \sqrt{\left\{ \frac{2 \kappa_a}{\kappa_a - 1} \left( \frac{P_{a0}}{P_{a1}} \right)^{\frac{2}{\kappa_a}} - \left( \frac{P_{a0}}{P_{a1}} \right)^{\frac{\kappa_a + 1}{\kappa_a}} \right\}}$$

- $P_{f0}$  : 燃料制御弁入口圧力[Pa]  
 $P_{f2}$  : 絞り入口圧力[Pa]  
 $P_{VLV}$  : 燃料制御弁スロット部圧力[Pa]  
 $P_{a0}$  : ベンチュリ入口空気圧力[Pa]  
 $P_{a1}$  : ベンチュリスロット部圧力[Pa]  
 $T_{f0}$  : 燃料制御弁入口温度[K]  
 $T_{f2}$  : 絞り入口温度[K]  
 $T_{a0}$  : ベンチュリ入口空気温度[K]  
 $m_f$  : 燃料流量[kg/sec]  
 $m_a$  : 空気流量[kg/sec]  
 $A_{VLV}$  : 燃料制御弁有効開口面積[m<sup>2</sup>]  
 $A_i$  : 絞り入口有効開口面積[m<sup>2</sup>]  
 $A_a$  : ベンチュリスロット部有効開口面積[m<sup>2</sup>]  
 $R_f$  : 燃料ガス定数[kJ/kg K]  
 $R_a$  : 空気ガス定数[kJ/kg K]  
 $\kappa_f$  : 燃料比熱比  
 $\kappa_a$  : 空気比熱比

【図 4】



【図 5】



$$m_{fv} = \frac{P_{f0} A_{VLV}}{\sqrt{RT_{f0}}} M \sqrt{\kappa_f} \left( 1 + \frac{\kappa_f - 1}{2} M^2 \right)^{\frac{\kappa_f + 1}{2(\kappa_f - 1)}}$$

$$m_{f0} = \frac{P_{f2} A_f}{\sqrt{RT_{f2}}} \sqrt{\frac{2 \kappa_f}{\kappa_f - 1} \left\{ \left( \frac{P_{a1}}{P_{f2}} \right)^{\frac{2}{\kappa_f}} - \left( \frac{P_{a1}}{P_{f2}} \right)^{\frac{\kappa_f + 1}{\kappa_f}} \right\}}$$

このバルブはチョークしているので、 $M=1$ となる。よって

$$m_f = \left\{ \frac{P_{f0} A_{VLV}}{\sqrt{T_{f0}}} \frac{P_{f2} A_f}{P_{f2} A_f} \sqrt{\kappa_f} \left( 1 + \frac{\kappa_f - 1}{2} \right)^{\frac{\kappa_f + 1}{2(\kappa_f - 1)}} \left\{ \frac{\kappa_f - 1}{2 \kappa_f} - \left( \frac{P_{a1}}{P_{f2}} \right)^{\frac{2}{\kappa_f}} \right\} \right\}^{\frac{\kappa_f + 1}{\kappa_f}}$$

$$m_a = \frac{P_{a0} A_a}{\sqrt{RT_{a0}}} \sqrt{\frac{2 \kappa_a}{\kappa_a - 1} \left\{ \left( \frac{P_{a0}}{P_{a1}} \right)^{\frac{2}{\kappa_a}} - \left( \frac{P_{a0}}{P_{a1}} \right)^{\frac{\kappa_a + 1}{\kappa_a}} \right\}}$$

$P_{f0}$  : 燃料制御弁入口圧力[Pa]

$P_{f2}$  : 絞り入口圧力[Pa]

$P_{VLV}$  : 燃料制御弁スロット部圧力[Pa]

$P_{a0}$  : ベンチユリ入口空気圧力[Pa]

$P_{a1}$  : ベンチユリスロット部圧力[Pa]

$T_{f0}$  : 燃料制御弁入口温度[K]

$T_{f2}$  : 絞り入口温度[K]

$T_{a0}$  : ベンチユリ入口空気温度[K]

$m_f$  : 燃料流量[kg/sec]

$m_a$  : 空気流量[kg/sec]

$A_{VLV}$  : 燃料制御弁有効開口面積[m<sup>2</sup>]

$A_f$  : 絞り入口有効開口面積[m<sup>2</sup>]

$A_a$  : ベンチユリスロット部有効開口面積[m<sup>2</sup>]

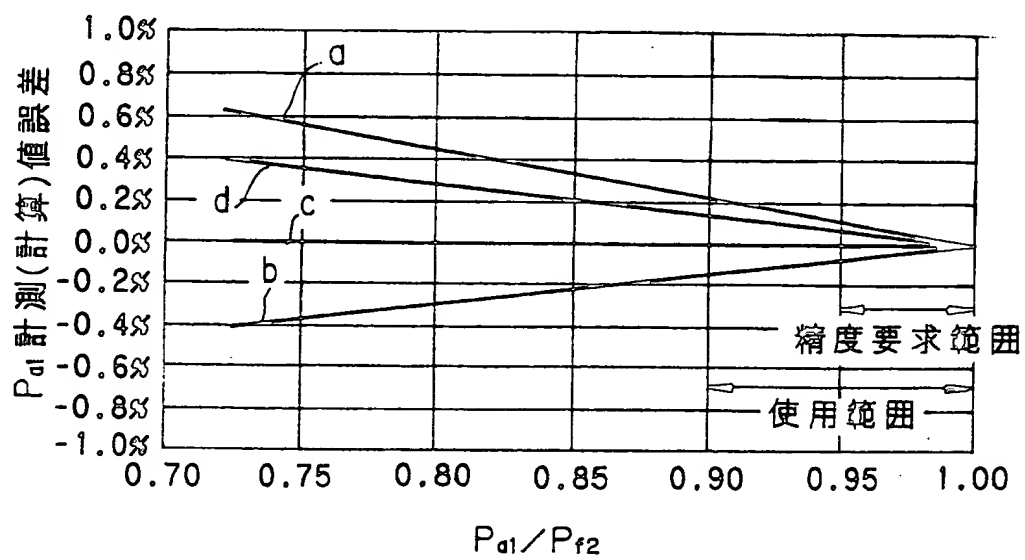
$R_f$  : 燃料ガス定数[kJ/kg K]

$R_a$  : 空気ガス定数[kJ/kg K]

$\kappa_f$  : 燃料比熱比

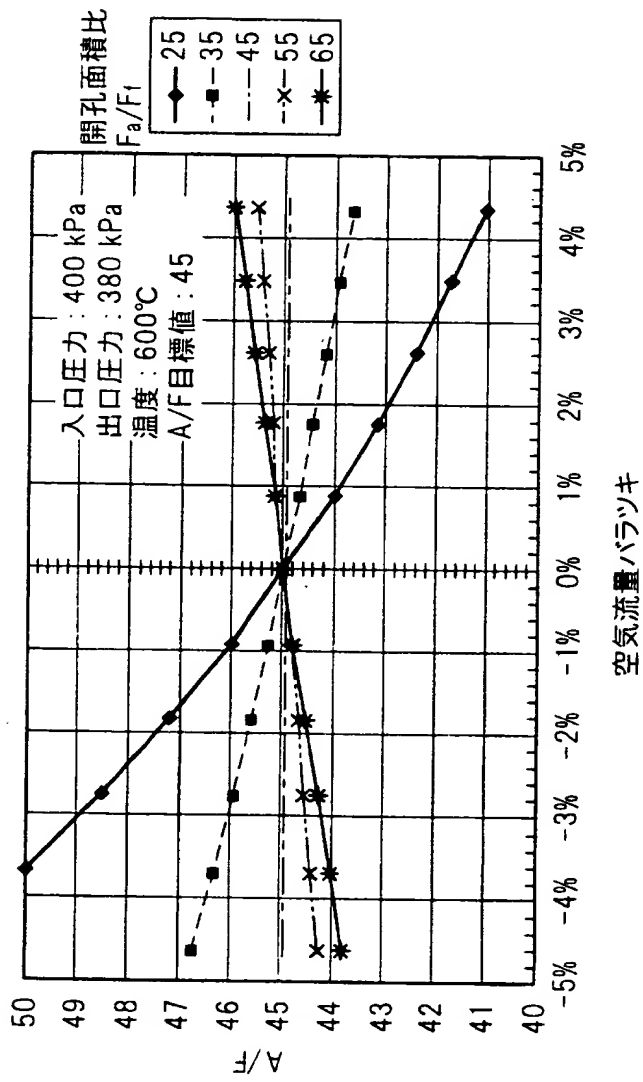
$\kappa_a$  : 空気比熱比

【図 6】



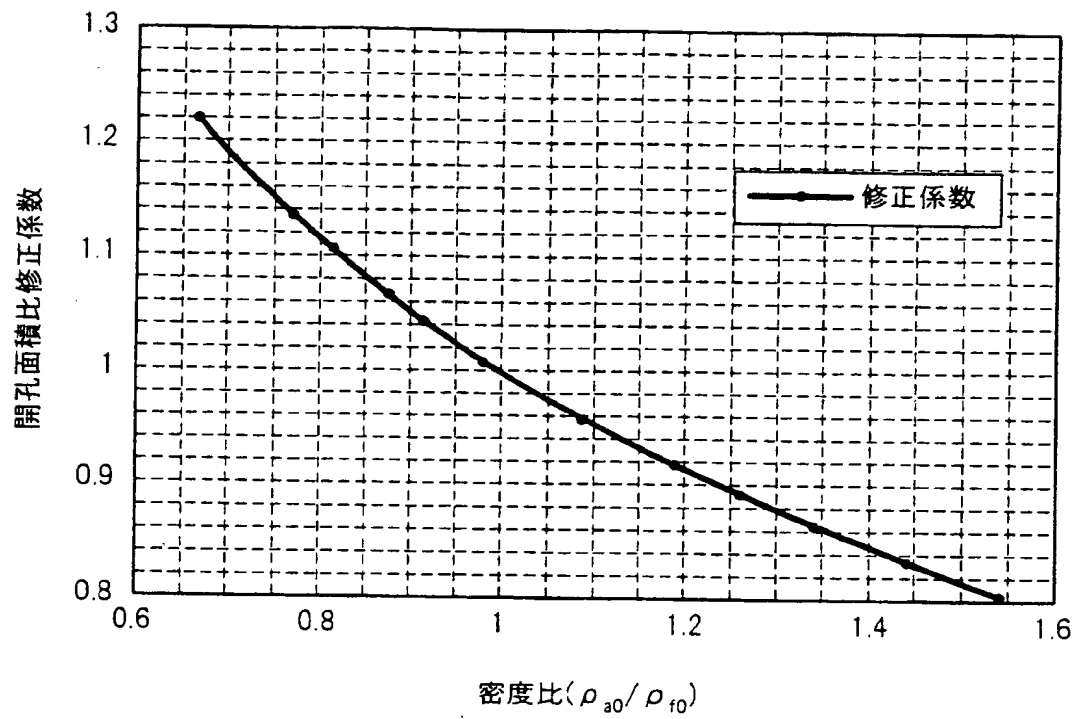
サンプル	比熱比
a	1.309
b	1.251
c	1.274
d	1.296

【図 7】





【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 マルチベンチュリミキサを用いたガスタービン・エンジンにおいて、個々のスロート部圧力を検出することなく、燃料供給制御を可能とする。

【解決手段】 図示の構成において燃料質量流量  $m_f$  と空気質量流量  $m_a$  を式で表すと、図示のようになるが、このとき、燃料の入口温度  $T_{f0}$  および圧力  $P_{f0}$  ならびに燃料質量流量  $m_f$  が与えられると、空気質量流量  $m_a$  を算出することができ、それらからスロート部圧力  $P_{a1}$  を逆算することができ、よってスロート部圧力  $P_{a1}$  を検出することなく燃料供給を制御することができる。

【選択図】 図 3

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 0 - 0 0 2 0 2 3
受付番号	5 0 0 0 0 0 1 0 7 0 2
書類名	特許願
担当官	喜多川 哲次 1 8 0 4
作成日	平成 1 2 年 1 月 1 2 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000005326
【住所又は居所】	東京都港区南青山二丁目 1 番 1 号
【氏名又は名称】	本田技研工業株式会社

【代理人】

申請人	
【識別番号】	100081972
【住所又は居所】	東京都豊島区東池袋 1 丁目 2 0 番 2 号 池袋ホワ イトハウスビル 8 1 6 号 吉田特許事務所
【氏名又は名称】	吉田 豊

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005326]

1. 変更年月日	1990年 9月 6日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区南青山二丁目1番1号
氏 名	本田技研工業株式会社